



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 14 482 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 21 C 7/00**  
C 21 B 13/00  
H 05 B 6/34

⑳ Aktenzeichen: P 43 14 482.9  
㉔ Anmeldetag: 3. 5. 93  
㉕ Offenlegungstag: 10. 11. 94

DE 43 14 482 A 1

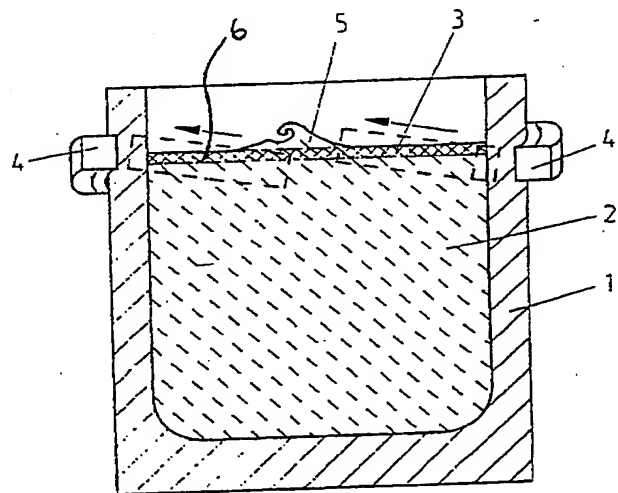
㉗ Anmelder:  
Centrem S.A., Luxemburg/Luxembourg, LU

㉘ Vertreter:  
Schönherr, W., Dipl.-Forstw.; Serwe, K., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 54290 Trier

㉚ Erfinder:  
Metz, Paul, Luxemburg/Luxembourg, LU

㉜ Verfahren und Vorrichtung zum Behandeln von Metallschmelzen

㉝ Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln einer Metallschmelze vorgestellt, wobei die Metallschmelze (2) sich in einem metallurgischen Gefäß (1) befindet und eine freie Badoberfläche (6) aufweist. Elektromagnetische Kraftfelder heben die Metallschmelze (2) in der Nähe der Badoberfläche (6) derart an, daß Wellen erzeugt werden, welche eine turbulente Bewegung der Badoberfläche (6) hervorrufen. Die elektromagnetischen Kraftfelder werden durch Linearinduktoren (4) erzeugt, welche an die äußere Form des Gefäßes (1) angepaßt sind und einen Winkel von 5° bis 90° zur Badoberfläche (6) aufweisen.



DE 43 14 482 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln von Metallschmelzen, wobei die Metallschmelze sich in einem klassischen metallurgischen Gefäß, wie z. B. eine Behandlungspfanne oder ein Ofen, befindet und eine freie Oberfläche aufweist.

Metallschmelzen, insbesondere Eisen und Stahlschmelzen, werden üblicherweise durch Mischen mit Zusatzstoffen behandelt, welche der Schmelze in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand zugegeben werden. Dabei wird die Metallschmelze, welche sich in einem metallurgischen Gefäß befindet, mittels einer äußeren Kraft in eine mehr oder weniger turbulente Bewegung versetzt.

Ein klassisches Beispiel ist der Bessemer-Konverter, wo mit Hilfe von Gasen eine innige Badbewegung erreicht wird. Es wurden auch mechanische Apparate entwickelt, wie z. B. Schüttelpfannen, um diesen Zweck zu erreichen.

Es ist ebenfalls bekannt, die Metallbewegungen mittels elektromagnetischer Kräfte zu erzeugen. Der Induktionsofen ist ein klassisches Beispiel hierzu. Da die Bewegungsintensität jedoch schwach ist, wurden bereits viele Schritte unternommen um die Mischintensität des Induktionsofens zu erhöhen. So ist aus den Patentschriften U.S. 1,940,622 und DE-25 06 926 bekannt, die Badbewegung durch besonders hierzu gebaute Heizinduktoren durchzuführen.

Durch die deutsche Auslegeschrift DE-15 83 445 ist bekannt, das Metallbad in einen Induktionsofen, durch Induktoren, welche mit dem Ofen verbunden sind und hauptsächlich im oberen Teil des Ofens angebracht sind, in eine rotierende Bewegung zu versetzen.

Die deutsche Offenlegungsschrift DE-19 03 218 beschreibt ein Verfahren worin durch induktives Rühren die gesamte Metallmasse homogenisiert wird.

Die europäische Patentanmeldung EP-0 310 604 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum induktiven Mischen von Metallen mit Induktoren.

Die europäische Patentschrift EP-0 228 024 A2 beschreibt ebenfalls ein Verfahren zur Durchmischung von Metallschmelzen mittels Induktoren. Einer der Induktoren kann gegebenenfalls schräg gestellt werden, so daß in der Badmasse eine Strömung entsteht, welche sich aus einer vertikalen und einer horizontalen Komponente zusammensetzt.

Bei den vorgenannten Verfahren hat sich jedoch herausgestellt, daß nur ein ungenügender Einmischeffekt an der Metallbadoberfläche entsteht.

Die europäische Patentschrift EP-0 252 308 B1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln von Metallschmelzen durch Zugabe von chemisch aktiven Substanzen oder Legierungselementen, wobei die Metallschmelze in einem geeigneten im wesentlichen horizontalen zylinderförmigen Gefäß mittels elektromagnetischer Kraft in Bewegung gesetzt wird. Das Gefäß ist mindestens bis über die Hälfte mit der zu behandelnden Schmelze gefüllt und die Schmelze wird durch eine elektromagnetisch erzeugte Drehbewegung um die horizontale Gefäßachse bis zum Gefäßscheitel gehoben und wird anschließend, im wesentlichen in Richtung Gefäßachse, auf die Schmelzoberfläche, auf welche besagte Substanzen oder Elemente aufgegeben worden sind, zurückfallen gelassen, bzw. zurückbefördert. Dieses Verfahren kann sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich durchgeführt werden und hat bereits zu einer wesentlichen Verbesserung von metallur-

gischen Reaktionen geführt. Trotz seiner großen Vorteile hat dieses Verfahren jedoch den Nachteil, daß es nur mit größerem Aufwand in bestehenden Anlagen (wie z. B. Transportpfannen, Gießpfannen, bzw. Induktionsöfen oder andere Öfen) durchgeführt werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein besseres Vermischen der Schmelze mit dem auf der Schmelzbadoberfläche beigegebenen festen, gasförmigen oder flüssigen Substanzen mit relativ geringem Aufwand in bestehenden metallurgischen Gefäßen zu ermöglichen, respektiv die Metallbadoberfläche in turbulente Bewegungen zu versetzen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß elektromagnetische Kraftfelder die Metallschmelze in der Nähe der Badoberfläche derart anheben, daß Wellen erzeugt werden, welche eine turbulente Bewegung der Badoberfläche hervorrufen.

Entsprechend einer Ausgestaltung der Erfindung werden die elektromagnetischen Kraftfelder durch Linearinduktoren erzeugt welche an die Form der Außenhaut des Gefäßes, (d. h. der Pfannen oder Öfen) angepaßt sind und einen Winkel zwischen 5° und 90° zur Badoberfläche aufweisen.

Durch die Kraftfelder wird das zu behandelnde Metall an verschiedenen Stellen über die Badoberfläche angehoben, so daß eine wellenförmige turbulente Bewegung auf der Badoberfläche entsteht. Vorzugsweise sollen die auf der Badoberfläche sich bildenden Wellen eine sich überschlagende Form haben, was wesentlich zur Turbulenz der Badoberfläche beiträgt.

Die Zumischung von Zusatzstoffen, im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand an der Badoberfläche wird dabei wesentlich verbessert. Auf diese Weise können die verschiedensten Reaktionen mit einem größeren Wirkungsgrad durchgeführt werden. Durch die intensive Turbulenz der Badoberfläche werden Metall/Schlacken-Reaktionen zwischen dem zu behandelnden Metallbad und den auf die Badoberfläche aufgegebenen Behandlungsmitteln wesentlich beschleunigt.

So können z. B. Entschwefelungs- bzw. Entphosphorungs-Reaktionen mit geeigneten Zusätzen leicht durchgeführt werden. Auch kann die zu behandelnde Schmelze leicht und schnell aufgelegt bzw. aufgekühlt werden. Andere bekannte Reaktionen, wie z. B. die Entsorgung von Hüttenstäuben nach dem Roheisenreduktionsverfahren sind nach diesem Verfahren ebenfalls leicht durchführbar.

Auch Metall/Gas-Reaktionen durch Zugabe von Sauerstoff bzw. Stickstoff, in einem in diesem Falle geschlossenen Behandlungsgefäß, können schnell und einfach durchgeführt werden. Das Verfahren entsprechend der Erfindung kann auch in einem vakuumdicht geschlossenen Gefäß, bei einer Vakuumbehandlung ohne Zuführung fremder Gase, durchgeführt werden. Verschiedene Einmischungen können nacheinander, getrennt oder zusammen durchgeführt werden.

Das Verfahren kann sowohl in der Eisenmetallurgie als auch in der Nichteisenmetallurgie zur Anwendung gelangen.

Es hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, die Linearinduktoren derart zum Behandlungsgefäß anzuordnen, daß die Induktoren die ruhende Badoberfläche des zu behandelnden Metallbades überragen. Der optimale Winkel zwischen ruhendem Metallbad und Linearinduktoren hängt von den jeweiligen Arbeitsbedingungen und Gefäßformen ab. Er kann zwischen 5° und 90° (d. h. senkrecht zur Metalloberfläche) eingestellt werden.

Die zu benutzende Frequenz hängt ebenfalls von den jeweiligen Arbeitsbedingungen ab. Sehr gute Ergebnisse werden mit der Netzfrequenz (50–60 Hz) erzielt, wobei die Anwendung höherer oder niedriger Frequenz jedoch nicht auszuschließen ist.

Die Induktoren können dauerhaft an das Behandlungsgefäß angebracht werden. In den meisten Fällen jedoch ist es vorteilhaft die Induktoren in einem Induktionsstand anzubringen und die Gefäße zur Behandlung in diesen Induktionsstand einzubringen.

Das Verfahren nach der Erfindung unterscheidet sich weiterhin vorteilhaft von den bekannten Verfahren dadurch, daß an mehreren Stellen des Behandlungsgefäßes eine wellenförmige turbulente Bewegung auf der Badoberfläche erzeugt wird, und so an gezielten Stellen Reaktionen der beschriebenen Art hervorgerufen werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen im folgenden; zwecks Erläuterung des Aufbaus und der Wirkungsweise der Erfindung, näher beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1, einen Längsschnitt durch ein metallurgisches Gefäß mit einer Vorrichtung entsprechend der Erfindung;

Fig. 1a, einen Querschnitt durch das Gefäß der Fig. 1;

Fig. 1b, einen Querschnitt ähnlich wie in Fig. 1a, jedoch mit einer anderen Ausgestaltung der Induktoren;

Fig. 2, einen Längsschnitt wie in Fig. 1, jedoch mit einer weiteren Ausgestaltung der Induktoren;

Fig. 2a, einen Längsschnitt wie in Fig. 2, jedoch mit einer weiteren Ausgestaltung der Induktoren;

Fig. 3, einen Längsschnitt wie in Fig. 1, wobei eine andere Gefäßform benutzt wird;

Fig. 4, einen Längsschnitt wie in Fig. 1, wobei eine weitere Gefäßform benutzt wird;

Fig. 4a, einen Längsschnitt des Gefäßes der Fig. 4 in operativer Stellung.

Fig. 1 zeigt eine metallurgische Pfanne 1 (bzw. einen Ofen) welche eine Metallschmelze 2 enthält. Diese Metallschmelze 2 bildet in der Pfanne 1 eine Badoberfläche 6 auf welche z. B. eine Schicht reaktionsfähige Schlacke 3 aufgebracht wurde. Um die Außenwand der Pfanne sind sechs Linearinduktoren 4 angeordnet. Diese Linearinduktoren umgeben den oberen Teil der äußeren Pfannenwand umfangmäßig, sind dabei in Bezug auf die ruhende horizontale Badoberfläche 6 leicht geneigt und weisen eine Oberkante auf, welche sich über der Badoberfläche 6 befindet. Werden die einzelnen Induktoren erregt, heben sie das Metall in einer wellenförmigen Bewegung im Bereich der Badoberfläche hoch. Dabei bilden sich Wellen 5 welche sich überschlagen und eine Durchmischung des Metalls 2 und der Schlacke 4 hervorgerufen.

Fig. 1a zeigt wie die Induktoren 4 der Fig. 1, durch ihre geneigte Anordnung (Winkel zwischen den Induktoren und der Badoberfläche wesentlich kleiner als 90°), zusätzlich ein horizontales elektromagnetisches Kraftfeld erzeugen welches die Badoberfläche 6 in eine Drehbewegung versetzt.

Fig. 1b zeigt dieselbe Pfanne wobei die Induktoren 4a, 4b und 4c, in einem ersten Teilbereich, zusätzlich zu der Wellenbewegung eine im Uhrzeigersinn arbeitende Drehbewegung des Metalls an der Badoberfläche erzeugen und die Induktoren 4d, 4e und 4f eine entgegengesetzt wirkende Drehbewegung in einem zweiten Teilbereich erzeugen, wobei der erste und der zweite Teilbereich sich teilweise überschneiden. Dabei entstehen

auf der Badoberfläche, zusätzlich zu der intensiven Wellenbewegung, zwei elliptische, gegeneinander wirkende, Drehbewegungen 5a und 5b.

Wie in Fig. 2 und 2a dargestellt, wurde im Rahmen dieser Erfindung festgestellt, daß der Mischeffekt vergrößert wird, wenn die geneigten Induktoren paarweise derart aufeinander abgestimmt sind, daß sie gegeneinander arbeiten d. h., daß sie Wellen erzeugen welche aufeinander zulaufen (Fig. 2). Hierbei können beide Induktoren gleichstark sein und den gleichen Neigungswinkel gegenüber der Metalloberfläche aufweisen. Es kann jedoch in vielen Fällen günstig sein, die Induktoren in verschiedenen Winkeln zur Badoberfläche auszurichten derart, daß die Welle des einen Induktors diejenige des anderen Induktors überschlägt (Fig. 2a). Überschlagende Wellen können ebenfalls dadurch erreicht werden, daß gegeneinander arbeitende, gleichstarke und ähnlich geneigte Induktoren mit verschiedenen Stromspannungen, bzw. Frequenzen eingespeist werden.

Im Falle wo wie in Fig. 2 und 2a dargestellt, erste und zweite Induktoren paarweise gegeneinander arbeiten, kann es wünschenswert sein die Induktoren abwechselnd arbeiten zu lassen. Es ist z. B. vorteilhaft in einer Folgeschaltung zuerst alle Induktoren in Paaren gegeneinander arbeiten zu lassen, dann ein paar Sekunden später nur die ersten Induktoren eines Paares, dann wieder ein paar Sekunden später alle Induktoren in Paaren gegeneinander und dann nur die zweiten Induktoren eines Paares, usw. Diese Folgeschaltung erlaubt die innige Durchmischung durch gegenläufige Wellen 5 (gezeigt in den Fig. 2 und 2a) mit der in Fig. 1b und 1c dargestellten Gesamtmischbewegung zu kombinieren.

Fig. 3 beschreibt eine Behandlungspfanne bzw. einen Ofen dessen Oberteil 8 so ausgebildet ist, daß er die Bildung der Wellenbewegung durch die Induktoren fördert. Dabei weist das Oberteil 8 eine nach innen gekrümmte Wandung auf, so daß die Wellen 5 auf die Badoberfläche 6 zurückgeworfen werden.

Fig. 4 beschreibt einen Ofen bzw. eine Pfanne oder Behandlungsgefäß 1, indem die Behandlung hauptsächlich in einer rückwärtigen Kippstellung erfolgt. Dabei weist das Behandlungsgefäß eine horizontale Achse 6 auf, und nur eine Seite des Behandlungsgefäßes ist derart ausgebildet, daß sie die Wellenbewegung fördert. Dabei sind die Induktoren 4 hauptsächlich im Bereich dieser speziell ausgebildeten Wandung angebracht.

Wie man aus Fig. 4a ersehen kann, ist die metallurgische Pfanne 1 in einer vertikalen Ebene nach einer Richtung schwenkbar. Das Gefäß weist dabei eine obere Wandung 9 auf, welche einseitig zur Schwenkrichtung und symmetrisch zur mittleren Schwenkebene nach innen gekrümmt ist. Die Induktoren 4 sind dabei so angebracht, daß in Schwenkstellung des Gefäßes die gekrümmte obere Wandung 9 direkt gegenüber den Induktoren 4 liegt.

Es bleibt zu bemerken, daß die induktive Mischbewegung nach dieser Erfindung auch vorteilhaft mit anderen bekannten Mischverfahren wie Gasspülen (Fig. 4a), Mischen mit einem Propeller (Reinstahlquirl), Verdrängungskörper in der Mitte des Behandlungsgefäßes, usw. kombiniert werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Behandeln einer Metallschmelze, wobei die Metallschmelze (2) sich in einem metallurgischen Gefäß (1) befindet und eine freie Badoberfläche (6) aufweist, dadurch gekennzeichnet,

- daß elektromagnetische Kraftfelder die Metallschmelze (2) in der Nähe der Badoberfläche (6) derart anheben, daß Wellen erzeugt werden, welche eine turbulente Bewegung der Badoberfläche (6) hervorrufen. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugten Wellen sich überschlagen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß eine horizontale Komponente des elektromagnetischen Kraftfeldes eine zusätzliche Drehbewegung der Metallschmelze (2) bewirkt. 10
4. Verfahren nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, daß in einem ersten Teilbereich der Badoberfläche (6) eine Drehbewegung im Uhrzeigersystem und in einem zweiten Teilbereich eine gegen- 15 sinnige Drehbewegung erzeugt werden, und daß der erste und der zweite Teilbereich sich teilweise überschneiden. 20
5. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetischen Kraftfelder durch Linearinduktoren (4) erzeugt werden, welche an die äußere Form des Gefäßes (1) angepaßt sind und einen Winkel von 5° bis 90° zur Badoberfläche (6) auf- 25 weisen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Linearinduktoren (4) die Badoberfläche (6) überragen. 30
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die geneigten Induktoren paarweise derart aufeinander abgestimmt sind, daß sie gegeneinander arbeiten.
8. Vorrichtung nach Anspruch 5, 6 oder 7, dadurch 35 gekennzeichnet, daß die Induktoren (4) verschiedene Winkel zur Badoberfläche aufweisen.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktoren mit verschiedenen Spannungen, Frequenzen und/oder 40 phasenversetzt eingespeist werden.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das metallurgische Gefäß (1) einen Oberteil (8) aufweist mit einer nach 45 innen gekrümmten Wandung, welche die Bildung der Wellen (5) durch die Induktoren (4) fördert.
11. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das metallurgische Gefäß (1) in einer im wesentlichen vertikalen Ebene schwenkbar ist, 50 daß das Gefäß (1) eine obere Wandung (9) aufweist welche einseitig zur Schwenkrichtung und symmetrisch zur mittleren Schwenkebene nach innen gekrümmt ist, und daß in Schwenkstellung die Linearinduktoren (4) sich in diesem gekrümmten Bereich 55 befinden, wobei die gekrümmte Wandung (9) die Bildung der Wellen (5) durch die Induktoren (4) fördert.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktoren in einem Induktionsstand angebracht sind und daß das 60 metallurgische Gefäß (1) zwecks Behandlung der Metallschmelze in diesen Induktionsstand eingebracht wird.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, 65 dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Induktoren in eine Folgeschaltung einbezogen sind.

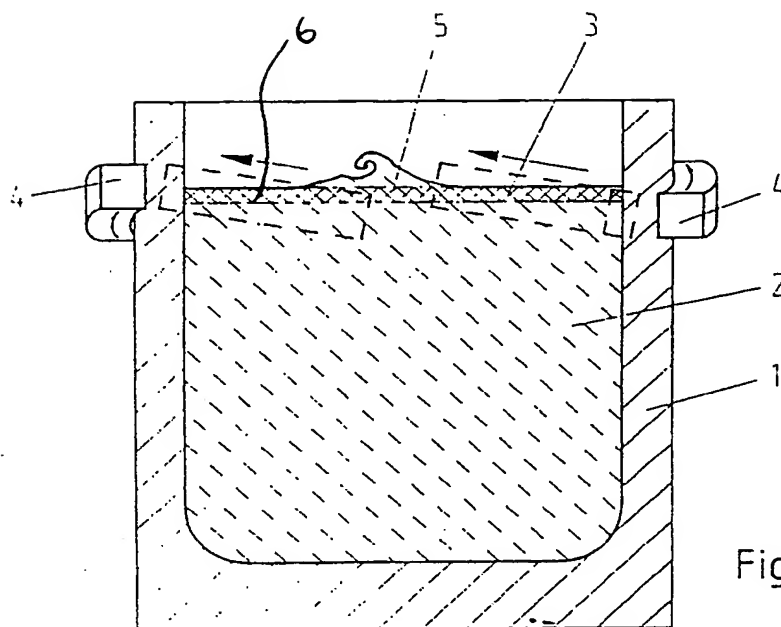


Fig.1

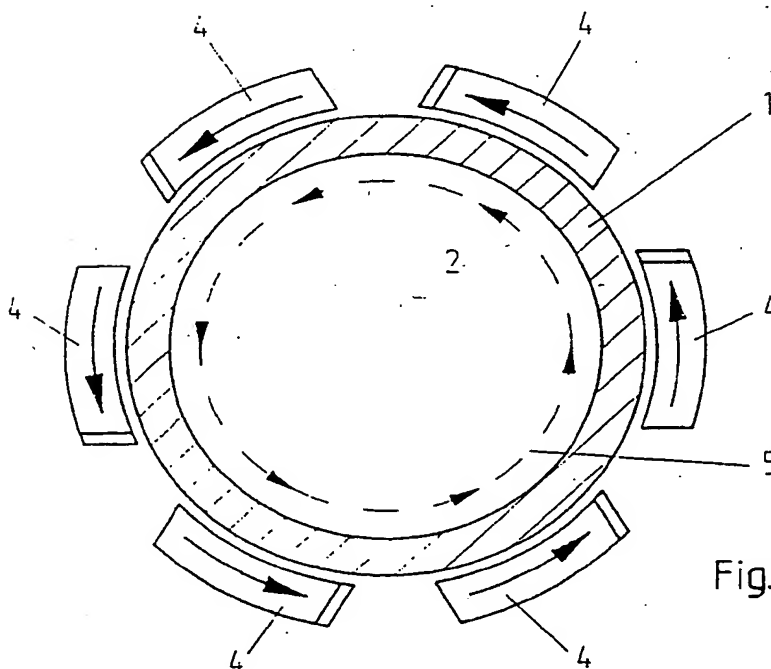


Fig.1a

- Leerseite -

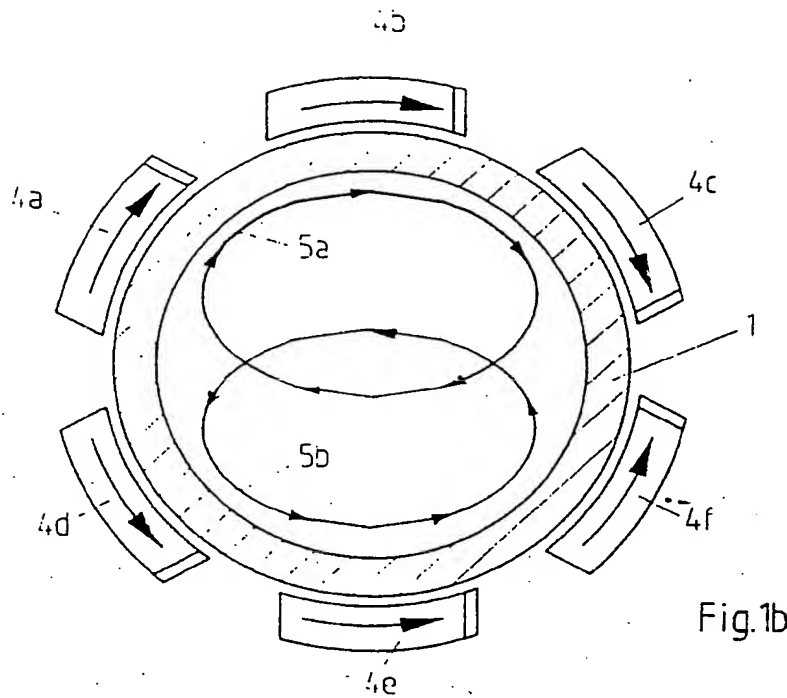


Fig. 1b

